

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ГІРНИЧОЇ МАШИНИ

Дубінін С.В., канд. техн. наук, доцент, Староверов К.С., канд. техн. наук, доцент, Дубінін М.С., студент,
Донецький національний технічний університет

Запропоновано метод підвищення ефективності використання електропривода гірничої машини за рахунок обліку фактичного нагрівання обмоток електродвигуна при регулюванні навантаження

Method of increasing of efficiency of use the electrodrive of mining machine is offered at the expense of actual heating registration of electric motor windings on load regulation

Більшість сучасних регуляторів навантаження гірничих машин використовують мінімальний принцип регулювання - стабілізацію навантаження головного двигуна на рівні номінального значення.

Недоліком способу є недостатнє використання навантажувальної здатності двигуна, тому що не допускається його робота з навантаженням вище номінального значення, з однієї сторони. З іншого боку, відсутність аналогового контролю температури не виключає нагрівання двигуна (наприклад, при частих пусках, заклинюванні приводу) вище порога спрацьовування дискретних датчиків температури з наступним простоем устаткування, необхідним для охолодження обмоток двигуна.

Відомі пристрої, що використовують безпосередній вимір температури окремих конструктивних вузлів електродвигуна, малоефективні. Так, вмонтування в пази статора датчика температури пов'язана з великими труднощами і не дає інформації про нагрівання обмотки ротора, тому що постійна нагрівання обмотки ротора в 2-3 рази менше, ніж в обмотки статора. Вмонтування датчика температури в обмотку ротора практично неможливе. Таким чином, температура вузла, найбільш підданого температурним впливам, не контролюється.

У даній статті пропонується один з методів використання непрямої оцінки температури електродвигуна для ефективного керування електроприводом.

На рис.1 зображена еквівалентна схема заміщення двигуна, відповідно до якої вхідний активний опір визначається таким чином

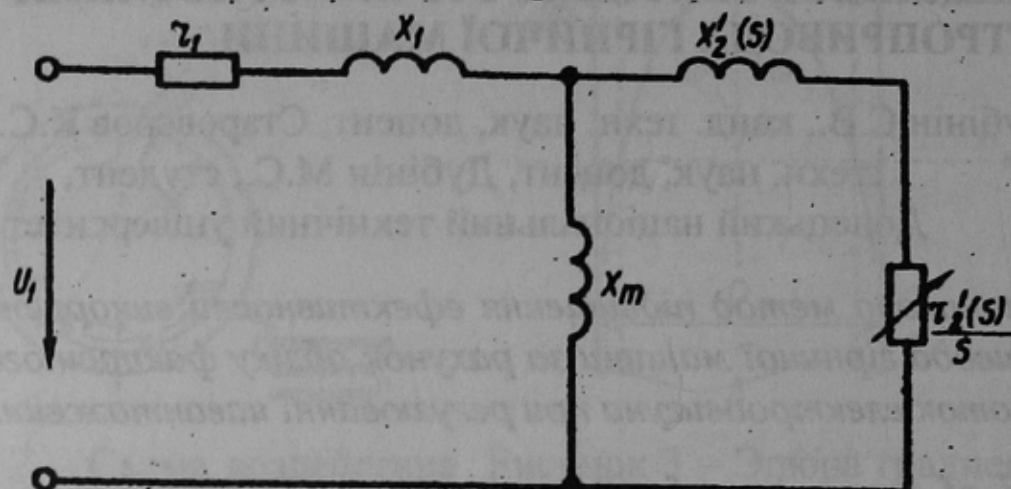


Рисунок 1 – Еквівалентна схема заміщення двигуна

$$R_1(S) = r_1 + \frac{x_m^2 \frac{r_2'(S)}{S}}{\left(\frac{r_2'(S)}{S}\right)^2 + (x_m + x_2'(S))^2}, \quad (1)$$

де r_1 - активний опір обмотки статора; x_m - індуктивний опір взаємної індукції між статором і ротором; r_2' , x_2' - приведені активний і індуктивний опори розсіювання обмотки ротора; S - ковзання двигуна.

Залежність активного опору від температури виражається формулою

$$r = r_0(1 + \alpha t), \quad (2)$$

де r_0 - опір при $t = 20^\circ\text{C}$; t - температура нагрівання; α - температурний коефіцієнт опору ($\alpha = 0,004$ для статора, $\alpha = 0,0045$ для ротора).

При підвищенні температури нагрівання збільшується активний опір обмоток, що у свою чергу веде до зміни вхідного активного опору двигуна. Залежність фазового зрушення від вхідного активного опору виражається формулою

$$\cos \varphi = \frac{R_1}{\sqrt{R_1^2 + x_1^2}}, \quad (3)$$

де φ - фазове зрушення між струмом двигуна і напругою живильної мережі; x_1 - вхідний індуктивний опір двигуна.

Таким чином, існує однозначна залежність між фазою струму двигуна і температурою. Фазове зрушення відбиває нагрівання як обмотки статора, так і обмотки ротора.

Контроль температури обмоток статора і ротора головного двигуна по фазових характеристиках дозволяє підвищити надійність керування гірничою машиною.

На рис.2 показані залежності зміни фазового зрушення між струмом головного двигуна і напругою живильної мережі комбайнового двигуна ЭКВ4-160-2У5 від струму при різній температурі його нагрівання.

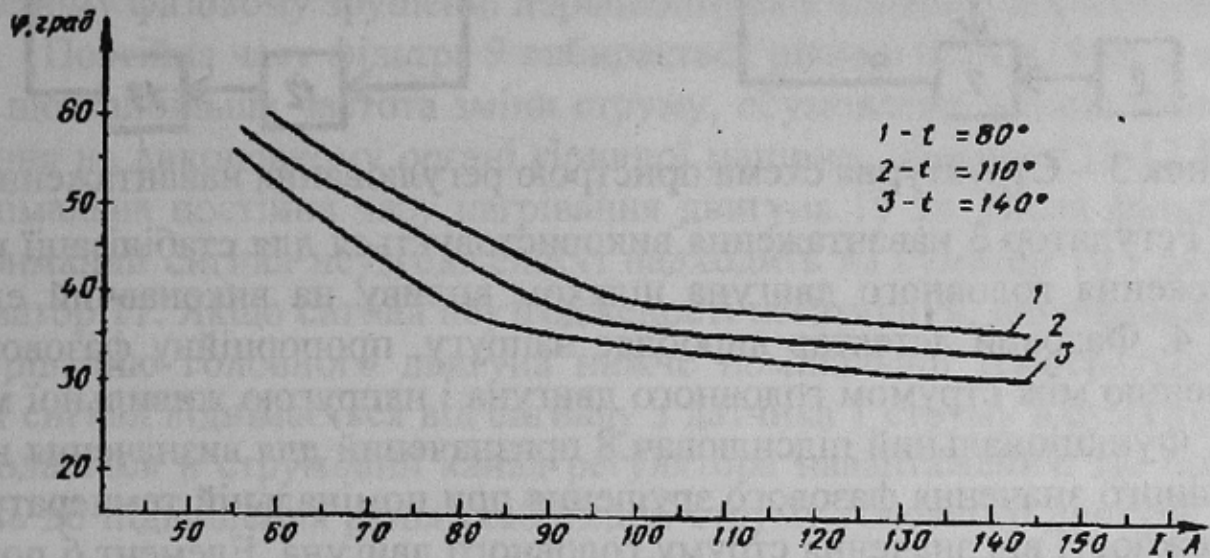


Рисунок 2 - Фазова характеристика двигуна при різній температурі його нагрівання

При реалізації методу вимірюють струм головного двигуна і напругу живильної мережі, і по їхніх значеннях визначають фазове зрушення.

Пристрій для реалізації способу (рис.3) містить датчик 1 струму головного двигуна, датчик 2 напруги живильної мережі, регулятор 3 навантаження, до виходу якого підключений виконавчий елемент 4, граничний елемент 5, елемент 6 порівняння, фазовий детектор 7, функціональний підсилювач 8, фільтр 9, суматор 10, вихід якого підключений до одного з входів суматора 11, граничний елемент 12, до виходу якого підключене реле 13 часу.

Датчик 1 струму являє собою трансформатор струму, що через випрямний міст навантажений на резистор. Інші елементи являють собою відомі технічні рішення.

Датчик 1 струму призначений для виміру струму головного двигуна, датчик 2 напруги - для виміру напруги живильної мережі.

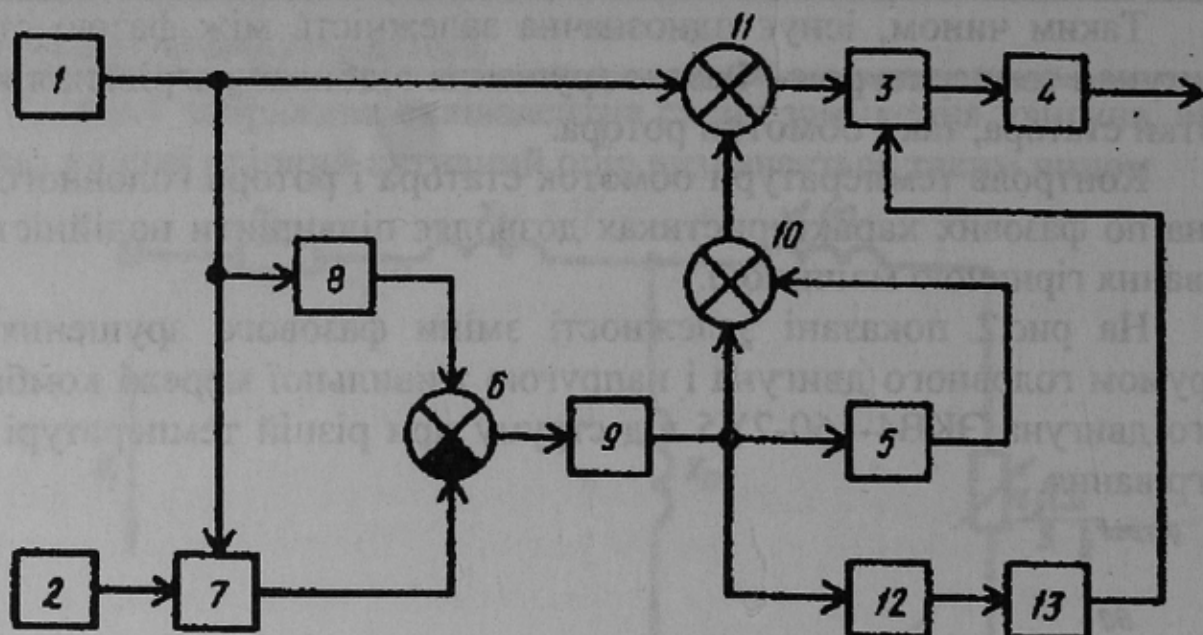


Рисунок 3 – Структурна схема пристрою регулювання навантаження

Регулятор 3 навантаження використовується для стабілізації навантаження головного двигуна шляхом впливу на виконавчий елемент 4. Фазовий детектор виробляє напругу, пропорційну фазовому зрушенню між струмом головного двигуна і напругою живильної мережі. Функціональний підсилювач 8 призначений для визначення нормованого значення фазового зрушення при номінальній температурі в залежності від значення струму головного двигуна. Елемент 6 порівняння призначений для порівняння дійсного фазового зрушення з нормованим його значенням при номінальній температурі, фільтр 9 - для фільтрації сигналу відхилення обмірюваного від нормованого фазових зрушень. Граничний елемент 5 видає сигнал при досягненні сигналу відхилення обмірюваного від нормованого фазових зрушень гранично припустимого значення. Суматор 10 призначений для підсумовування сигналу відхилення дійсного від нормованого фазових зрушень і сигналу з граничного елемента 5. Суматор 11 використовується для підсумовування сигналів з датчика 1 струму і суматора 10. Граничний елемент 12 видає сигнал при досягненні сигналу неузгодженості між обмірюваним і нормованим фазовими зрушеннями неприпустимого значення, що подається в струмовий канал регулятора 3 навантаження, що приводить до зниження швидкості до мінімального значення (зокрема до нуля).

Пристрій працює таким чином. З датчика 1 струму і датчика 2 напруги на фазовий детектор 7 надходять сигнали, пропорційні відповідно струму головного двигуна і напрузі живильної мережі. Фазовий детектор видає сигнал, пропорційний фазовому зрушенню між

струмом головного двигуна і напругою живильної мережі. У функціональному підсилювачі 8 реалізується залежність зрушення фаз від струму головного двигуна при номінальній температурі. Вихідний сигнал функціонального підсилювача пропорційний зрушенню фаз при номінальній температурі при обмірюваному значенні струму головного двигуна, пропорційно якому сигнал подається з виходу датчика 1 струму на вхід функціонального підсилювача 8. Сигнали, пропорційні фазовому зрушенню при номінальній температурі і дійсному фазовому зрушенню порівнюються в елементі порівняння.

Постійна часу фільтра 9 вибирається рівною $0,1 T$ (15 хв.), через те, що найбільша частота зміни струму, обумовлена зміною навантаження на виконавчому органі гірничої машини, дорівнює 10-12 Гц, а мінімальна постійна часу нагрівання двигуна 15 хв. Після фільтра 9 отриманий сигнал неузгодженості надходить на суматор 10 і далі на суматор 11. Якщо сигнал неузгодженості негативний, що рівносильне нагріванню головного двигуна нижче номінальної температури, то цей сигнал віднімається від сигналу з датчика 1 струму в суматорі 11 і подається в струмовий канал регулятора навантаження. Це приводить до підвищення рівня стабілізації струму головного двигуна. Якщо сигнал неузгодженості позитивний, що рівносильне нагріванню, сумується із сигналом з датчика 1 струму в суматорі 11 і подається в струмовий канал регулятора 3 навантаження. Це приводить до зниження рівня стабілізації струму головного двигуна. При досягненні позитивним сигналом на виході елемента 6 порівняння припустимого рівня, спрацьовує граничний елемент 5, сигнал з виходу якого складається в суматорі 10 із сигналом відхилення, що веде до ще більш значного зниження рівня стабілізації навантаження приводу. При перевищенні сигналу неузгодженості гранично припустимого значення спрацьовує граничний елемент 12, що через реле 13 часу подає сигнал у регулятор 3 навантаження, що приводить до зменшення швидкості подачі гірничої машини до мінімуму (зокрема до нуля).

Перевагою даного методу керування є підвищення надійності за рахунок виключення перегріву обмоток двигуна і підвищення ефективності за рахунок збільшення навантаження холодного двигуна.